

Estudio de la patología lumbar crónica mediante TC con simulación de la bipedestación

Susana García-Asensio^a • Luis Sarriá^a • Helena Gómez^a • M^a Teresa Martínez-Berganza^a • Francisco Lameiro^b • Rosa Cozcolluela^a • María Quintana^a • Norberto Zabalza^c

^aServicio de Radiodiagnóstico. Hospital Reina Sofía. Tudela, Navarra. ^bServicio de Medicina Preventiva y Control de Calidad. Hospital Reina Sofía. Tudela, Navarra. ^cServicio de Traumatología. Hospital Reina Sofía. Tudela, Navarra, España.

Study of chronic lumbar pathology by means of CT utilizing upright posture simulation

Objetivo: El propósito de ese estudio es mostrar la aportación de la TC lumbar con simulación de la bipedestación en el estudio de la patología lumbar crónica.

Material y métodos: Se han estudiado 52 pacientes con patología lumbar crónica y TC lumbar convencional no concluyente, mediante TC dinámico con un escáner Pro-Speed SX de GE. Se empleó un aparato de tracción que permite aplicar una fuerza equivalente a la mitad del peso corporal desde los hombros del paciente. Se realizaron dos estudios en cada paciente, uno en condiciones de psoas relajado y otro con tracción lumbar. Los cortes obtenidos fueron reconstruidos para ser procesados en la estación de trabajo. Los parámetros analizados fueron: Área del canal espinal, área del disco, diámetro anteroposterior del canal y distancia interpedicular, altura y anchura del foramen. El foramen se estudió en los cortes parasagiales.

Resultados: La TC dinámica demostró la existencia de estenosis absoluta en 19 pacientes y relativa en 26. En 19 pacientes se evidenció una protusión discal generalizada y en 15 hernia discal. En 40 de los 52 pacientes estudiados la TC dinámica aportó datos adicionales al diagnóstico preliminar basado en la TC convencional.

Conclusiones: La TC lumbar dinámica mostró hallazgos no detectados en la TC convencional. Aunque no se trata de una exploración de primera línea, puede tener un papel importante en los pacientes con clínica de estenosis de canal o con dolor lumbar crónico en los que la TC convencional no aporta datos que justifiquen la sintomatología del paciente.

Palabras clave: Estenosis lumbar. Tomografía computarizada. Tracción lumbar.

Aim: The purpose of this study was to demonstrate the contribution of lumbar spine CT utilizing upright posture simulation in the study of chronic lumbar pathology.

Materials and Methods: There were studied 52 patients with chronic lumbar pathology and whose conventional lumbar spine CT results had been inconclusive, by means of dynamic CT with GE Pro-Speed SX scanner. There was utilized a traction device which permitted the application of a force at the patient's shoulders equivalent to half the body weight. Two studies were realized for each patient, one in psoas-relaxed position and another in lumbar traction. Slices obtained were reconstructed for processing. The following parameters were analyzed: spinal canal area, disc area, anteroposterior canal diameter and interpedicular distance, foramen height and width. The foramen was studied in parasagittal slices.

Results: Dynamic CT revealed absolute stenosis in 19 patients and relative stenosis in 26. In 19 patients, there was observed a generalized disc protrusion, and in 15 patients there was evidence of herniated disc. In 40 of the 52 patients studied, dynamic CT provided information additional to that of the preliminary conventional CT diagnosis.

Conclusion: Dynamic lumbar spine CT showed findings undetected in conventional CT. While not a first line imaging tool, it can play an important role for patients with clinical signs of canal stenosis or with chronic low back pain for whom conventional CT does not provide information which accounts for patient symptomatology.

Key words: Lumbar stenosis. Computerized tomography. Lumbar traction.

El dolor lumbar crónico es una de las causas más frecuentes de absentismo laboral y pérdida de productividad. El dolor lumbar tiene una fisiopatología compleja en la que intervienen múltiples factores, y ello es determinante para comprender las manifestaciones clínicas de estos pacientes. En numerosas oca-

siones, los síntomas se refieren a cambios posturales y se acentúan con la bipedestación o al caminar. La repercusión de los cambios posturales en la sintomatología del paciente se explica por los cambios observados en las dimensiones del canal espinal entre las posiciones en decúbito supino con extremidades inferiores (EEII) semiflexionadas y la posición erecta o de bipedestación con la columna hiperextendida.

De todas las técnicas de imagen empleadas en el estudio de la patología lumbar, la mielografía, técnica reservada para casos muy concretos, con proyecciones en flexión y extensión de la columna, es la única que permite apreciar el componente dinámico de la estenosis lumbar que no puede valorarse mediante otras técnicas estáticas, como la resonancia magnética (RM) o la TC.

Artículo basado en un Proyecto de Investigación becado por el Gobierno de Navarra.

Correspondencia:

SUSANA GARCÍA-ASENSIO. Donantes, 19A, 1.º-B. 31.500 Tudela. Navarra. España. sgarcias@cfnavarra.es

Recibido: 14-VII-2003.

Aceptado: 6-II-2004.

Las técnicas de neuroimagen tienen un papel importante en el diagnóstico de los pacientes con dolor lumbar, sobre todo cuando se contempla la posibilidad de tratamiento quirúrgico. La TC es una técnica comúnmente empleada en el estudio de pacientes con dolor lumbar crónico y en aquellos con sospecha de estenosis de canal, debido a que es relativamente accesible y poco costosa. Sin embargo, en muchos pacientes ni la TC ni la RM logran demostrar hallazgos de imagen que justifiquen la clínica del paciente, por lo que es muy frecuente en la práctica diaria la existencia de TC inespecíficas, o incluso normales, en pacientes que refieren dolor lumbar de larga evolución. A pesar de la confianza depositada por los clínicos en esta técnica de imagen, el porcentaje de falsos negativos en la interpretación de la estenosis de canal ha demostrado ser del 30%¹. La TC mielografía ha demostrado una infraestimación del 16% del diámetro del canal respecto a la mielografía realizada en posición de bipedestación con maniobras de flexión y extensión, en un estudio realizado en los niveles L2-L3 a L4-L5²; sin embargo, la mielografía, aunque es superior en la valoración del diámetro del canal, y es la única de las técnicas de imagen que permite el estudio dinámico de la columna, tiene un valor limitado para el estudio de los agujeros de conjunción y de los tejidos blandos adyacentes, lo que hace que la TC y la RM sigan teniendo un papel importante en el diagnóstico de estos pacientes.

En estudios mielográficos, se ha demostrado que la afectación de raíces nerviosas tiene un marcado componente postural: en extensión (lordosis) los signos son máximos, mientras que en flexión (cifosis) tienden a desaparecer³. Estos hallazgos ponen de manifiesto que la posición de bipedestación produce una acentuación de los signos y síntomas de compresión radicular, por lo que el estudio de los pacientes con síntomas radiculares debería realizarse con alguna técnica de imagen que permitiera el estudio de la columna lumbar en esta posición. Es por ello que se ha intentado diseñar un método que permita el estudio dinámico de la columna lumbar reproduciendo las condiciones que soporta durante la bipedestación.

El propósito de este estudio es demostrar los cambios cuantitativos que sufre la columna lumbar durante la realización de la TC lumbar con simulación de bipedestación y relacionar éstos con los síntomas de los pacientes. Como objetivos secundarios se plantearon los siguientes: a) valorar la correlación de la estenosis de canal o estenosis foraminal en la TC realizada con simulación de la bipedestación con la clínica del paciente; b) comparar las mediciones de los diámetros del canal y del disco obtenidas en la TC en decúbito supino y la realizada con simulación de la bipedestación; c) determinar que niveles sufren más los cambios que se producen durante la bipedestación; d) v valorar qué tipo de patología se beneficia más de esta técnica.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se han estudiado mediante TC lumbar dinámica 52 pacientes, en los que la TC lumbar convencional no aportó datos diagnósticos que justificaran la clínica referida por el paciente.

El reclutamiento de los pacientes se efectuó por medio de un muestreo no probabilístico de casos consecutivos, consistente en elegir a cada paciente procedente de los servicios de traumatología, rehabilitación y reumatología, que cumpliera los criterios de selección.

Los criterios de inclusión en el estudio fueron: a) pacientes con dolor lumbar evaluados por el especialista; b) TC lumbar

previa normal o sin hallazgos de imagen que justifiquen la clínica; c) aceptación por parte del paciente de la realización de la prueba. Los criterios de exclusión de pacientes fueron: a) edad superior a 65 años; b) presencia de prótesis quirúrgicas o antecedente de cirugía en columna lumbar; c) escoliosis importante; d) artefacto de cualquier etiología que dificulte el estudio de la columna lumbar; e) no aceptación de la realización del estudio.

En todos los pacientes se realizó una TC lumbar con un escáner ProSpeed SX de General Electric (Milwaukee, WI). El estudio constaba de dos fases, en la primera el escáner se realizó en condiciones de *posas relajado* (PR) (esto es, las habitualmente empleadas en la TC lumbar convencional, colocando una almohadilla debajo de las EEII del paciente para que las mantenga semiflexionadas) (fig. 1), y en la segunda con las piernas extendidas y realizando una tracción desde los hombros para reproducir las condiciones fisiológicas de la posición de bipedestación. La simulación de bipedestación se realizó con un dispositivo integrado por un arnés y un aparato de tracción conectado a éste, en el que se puede aplicar el peso elegido (fig. 2). La tracción se realiza desde los hombros, aplicando una fuerza equivalente a la



Fig. 1.—Paciente en posición de posas relajado (PR) con las piernas semiflexionadas para realizar la primera parte del estudio.



Fig. 2.—Paciente en posición de simulación de la bipedestación. Las piernas están hiperextendidas y el arnés conectado al aparato de tracción provoca una compresión de la columna lumbar equivalente a la que soporta en condiciones de bipedestación.

mitad del peso corporal (el peso que soporta la columna lumbar durante la bipedestación).

Los límites de ambas hélices se establecieron en el margen superior del agujero de conjunción L3-L4 y el margen inferior del agujero de conjunción L5-S1. Cada hélice debía incluir la totalidad de los tres últimos discos intervertebrales, ya que allí es donde se localiza el mayor porcentaje de patología degenerativa de la columna lumbar. Los parámetros empleados fueron los siguientes: cortes de 5 mm cada 7,5 mm, FOV de 12 cm², 120 kV y 300 mAs. Las dos hélices se realizaron sin angular el *gantry*.

Los cortes obtenidos fueron reconstruidos cada 0,75 mm y procesados en la estación de trabajo (Advantage Windows 1.2 y 4.1 en los 12 últimos estudios). Se analizaron las imágenes de las dos hélices en condiciones de PR y con tracción lumbar (TL) empleando una ventana estándar de 250/60 UH (la que mostró en el estudio piloto realizado en los 10 primeros pacientes mayor definición de estructuras anatómicas), que se manipuló en casos concretos cuando la imagen así lo requería. El foramen intervertebral se estudió en los cortes parasagittales obtenidos de la reconstrucción multiplanar de los cortes axiales para lograr una mayor exactitud diagnóstica. Se eligió el corte que mostraba el foramen más estrecho, basándonos en que la raíz nerviosa tiene más posibilidades de estar comprimida en la sección del foramen que presente menor diámetro.

Para una adecuada valoración cuantitativa de los cambios experimentados en la columna lumbar se analizaron los siguientes parámetros: área del canal, diámetro anteroposterior (AP) del canal, distancia interpedicular, área del disco intervertebral, espesor del ligamento amarillo, altura y anchura del foramen. Todos los parámetros se midieron en los niveles L3-L4, L4-L5 y L5-S1. Los datos se expresaron como media \pm intervalo de confianza (IC), escogiendo un IC del 95%. La correlación interobservador en el subgrupo control, formado por los 10 primeros pacientes, se valoró mediante el coeficiente de correlación intraclases. Las diferencias en el área del canal, el diámetro AP del canal, el área del disco, el espesor del ligamento amarillo, la distancia interpedicular y la altura y anchura del foramen se analizaron mediante el test de la *t* de Student.

Con el fin de conseguir que las mediciones de estos parámetros fueran lo más exactas posible, para cada medida se escogieron cortes idénticos en posición de PR y en posición de TL.

Como referencia, se consideró la existencia de estenosis subcrítica o relativa cuando el diámetro AP del canal era < 13 mm, y estenosis crítica o absoluta si éste era < 10 mm.

Los 10 primeros pacientes conformaron un grupo piloto en el que las mediciones las realizaron dos radiólogos independientemente, en un estudio de doble ciego, desconociendo ambos el resultado de la interpretación hecha por el otro radiólogo y la clínica del paciente. El resto de los casos fueron interpretados únicamente por un radiólogo que desconocía los datos clínicos. En el estudio de este grupo piloto, se estableció como predeterminada para la interpretación de todos los estudios la ventana de 250/60 UH, al ser de todas las referidas en la bibliografía para el estudio de la columna lumbar, la que ofreció mayor contraste y definición entre estructuras anatómicas.

Como no existe un patrón histológico de referencia, debido a que la mayoría de estos pacientes no se intervienen quirúrgicamente, no se puede considerar la prueba positiva si existe resolución del dolor tras la intervención, que sería lo deseable, por tanto, el patrón oro de referencia fue la clínica. El estudio dinámico

se consideró positivo cuando su resultado explicaba la clínica del paciente y negativo cuando no existían datos de imagen que justificaran la clínica.

RESULTADOS

El estudio se realizó en 52 pacientes (154 niveles), con una media de edad de 40,49 años (rango, 17-64 años). Dos niveles no se pudieron valorar al no incluirse en el rango predeterminado para el estudio por error. El grupo lo formaron 27 mujeres y 25 varones.

Los 10 primeros pacientes estudiados conformaron un grupo piloto, los resultados de la TC lumbar en éstos fueron interpretados por dos observadores. Se aplicó un análisis de fiabilidad mediante el coeficiente de correlación intraclases para el estudio de la variabilidad interobservador de las mediciones realizadas. Los resultados obtenidos demostraron correlación muy elevada ($> 0,8$; IC del 95%) en las mediciones de las áreas del canal y del disco, así como en la medición del diámetro del canal; sin embargo, esta correlación era menor en las mediciones realizadas en los planos parasagittales (altura y diámetro AP del foramen), por lo que fue necesario un consenso entre ambos observadores y una nueva definición de los parámetros a medir una vez analizadas las dificultades encontradas para realizar dichas mediciones (existe dificultad para identificar estructuras anatómicas con densidad de partes blandas en los cortes parasagittales).

La clínica referida por los pacientes tenía una duración media de 27,05 meses (rango, 2-120). Los síntomas más frecuentes fueron la lumbociática derecha (41,17% de los pacientes), seguido de la lumbociática izquierda (25,49%) y la clínica sugestiva de estenosis de canal (25,49%). Otros síntomas menos frecuentes fueron los signos de compresión radicular derecha en el nivel L4-L5 (1,96%), los signos de compresión radicular izquierda en el nivel L4-L5 (1,96%) y un grupo heterogéneo de síntomas inespecíficos que se agrupó como «otros» (7,84%). Los síntomas de dolor o molestia lumbar o en las piernas se acentuaban en posición de bipedestación en el 36,54% de los pacientes, en decúbito supino en el 26,92%, al permanecer sentado en el 21,15%, caminando en el 19,23%, y al realizar posturas forzadas o llevar carga en el 17,30%. El 17,30% de los pacientes refirió otros síntomas diferentes a los descritos, generalmente inespecíficos.

Presentaron síntomas durante la aplicación de la tracción lumbar para la realización del estudio dinámico 29 (55,77%) pacientes, de ellos, en 24 casos la TC dinámica mostró hallazgos en relación con la clínica del paciente. En un número significativo de pacientes, 40 del total de los casos estudiados, la TC dinámica aportó datos adicionales al diagnóstico preliminar realizado únicamente con la TC lumbar convencional, lo que clínicamente se considera relevante por la repercusión en el manejo de estos pacientes. En la tabla 1 se reflejan los pacientes que presentaron clínica en la exploración realizada con tracción lumbar y prueba positiva, se consideró la prueba positiva cuando la diferencia entre el área del canal entre el estudio realizado en condiciones de PR y el realizado con tracción era mayor de 15 mm². Existe escasa bibliografía respecto al tema, por lo se estableció como crítica la diferencia de 15 mm² en el área del canal, ya que es la única referencia encontrada en cuanto a la valoración cuantitativa de este parámetro. La sensibilidad de la prueba fue baja en los tres niveles estudiados, sin embargo la especificidad fue mayor, aunque sólo en el nivel L3-L4 estaba por encima del 80%.

TABLA 1
VALORES DE LA PRUEBA

Nivel	Número de personas con				Validez de la prueba				
	Prueba positiva* y manifiestan clínica a la tracción	Prueba positiva* y no manifiestan clínica a la tracción	Prueba negativa* y manifiestan clínica a la tracción	Prueba negativa* y no manifiestan clínica a la tracción	Sensibilidad (%)	Especificidad (%)	Valor predictivo positivo (%)	Valor predictivo negativo (%)	Total
L3-L4	5	4	23	19	18	83	56	45	51
L4-L5	11	8	18	15	38	65	58	45	52
L5-S1	9	9	19	14	32	61	50	42	51

*Se considera prueba positiva la diferencia entre el área sin y con tracción mayor de 15 mm².

TABLA 2
VALORES DEL ÁREA DEL CANAL

Nivel	Pacientes estudiados	Posición de psoas relajado (PR) (mm ²)	Posición con tracción (TL) (mm ²)	Diferencia PR-TL (mm ²)	Intervalo de confianza del 95%		
					Límite inferior	Límite superior	Significación
L3-L4	51	176,55	170,33	6,22	2,20	10,23	0,003
L4-L5	52	168,87	158,65	10,21	4,59	15,83	0,001
L5-S1	51	159,90	157,45	2,45	-5,58	10,48	0,543

El valor del área del canal espinal (tabla 2) estuvo comprendido entre 23-316 mm². La reducción media del área del canal entre las series realizadas en posición de PR y con TL fue de 6,22 mm² (IC del 95%, 2,20-10,23) en el nivel L3-L4, de 10,21 mm² (IC del 95%, 4,59-15,83) en el nivel L4-L5 y de 2,45 mm² (IC del 95%, -5,58-10,48) en el nivel L5-S1. Sin embargo, la diferencia de medias sólo fue estadísticamente significativa en los niveles L3-L4 ($p < 0,003$) y L4-L5 ($p < 0,001$). En el nivel L3-L4, en nueve pacientes se demostró disminución significativa del área del canal (diferencia mayor de 15 mm²) entre el estudio realizado en posición de PR y el realizado con tracción lumbar, en el nivel L4-L5 esta diferencia se demostró en 19 pacientes y en el nivel L5-S1 en

18. Se encontraron diferencias paradójicas en el área del canal (área mayor en el estudio realizado con TL que en el realizado en posición de PR) en 16 casos en el nivel L3-L4, en 12 en el nivel L4-L5 y en 18 en L5-S1. En uno de estos pacientes existía antecedente de espondilolisis, y se comprobó la existencia de diferencias paradójicas en el área del canal en los tres niveles estudiados. En el resto de los pacientes no existían antecedentes de interés.

La TC dinámica reveló una estenosis absoluta en 19 niveles (en 10 de ellos con estenosis relativa o absoluta asociada a otro nivel) (fig. 3) y estenosis relativa en 26 (en 12 de ellos con estenosis relativa o absoluta asociada en otro nivel). En 19 casos se observó

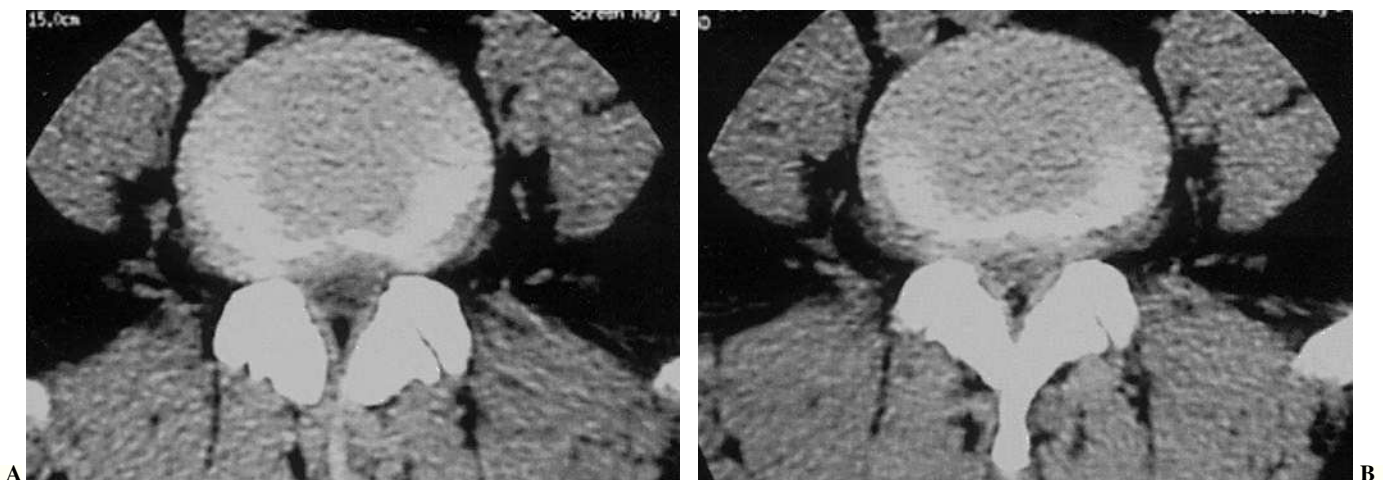


Fig. 3.—A) Paciente de 64 años de edad con estenosis subcrítica en el nivel L4-L5 y protrusión discal difusa. B) Que se acentúa al aplicar la tracción lumbar, reduciéndose el diámetro anteroposterior (AP) del canal de 12 mm a 8 mm y dando lugar a una estenosis crítica.

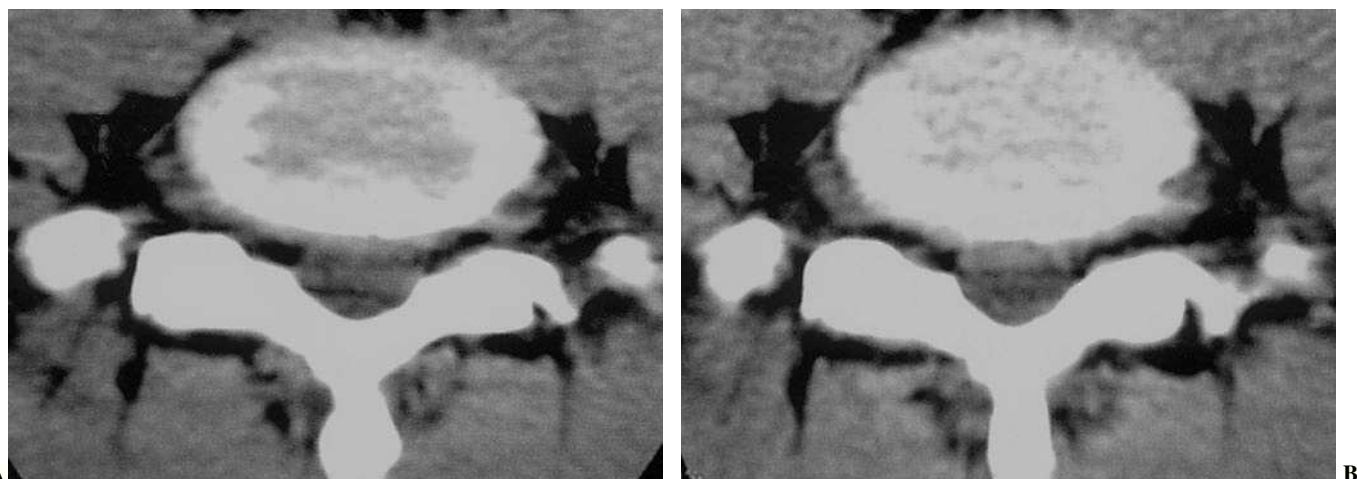


Fig. 4.—Varón de 27 años que refiere desde hace nueve meses dolor lumbar y en extremidad inferior derecha (EID). A) En los cortes realizados en posición de psoas relajado (PR), se observa una estenosis L5-S1 producida por una protrusión discal difusa. B) Que se acentúa al simular la bipedestación. El área del canal en posición de PR fue de 146 mm² y en posición de simulación de bipedestación de 123 mm².

protrusión discal generalizada que contactaba con el saco o con las raíces (fig. 4) y en 15 casos hernia discal (figs. 5 y 6).

La media de la diferencia entre el estudio realizado en condiciones de PR y el realizado con simulación de bipedestación en el diámetro AP mediosagital del canal se muestra en la tabla 3. En 11 casos se diagnosticó una estenosis relativa en el estudio realizado en posición de PR que sin embargo, en el estudio con tracción, pasó a ser una estenosis crítica; en cuatro casos de diámetro AP del canal era normal en el estudio realizado en posición de PR, y existía una estenosis crítica en el estudio realizado con tracción, y en 11 el diámetro AP del canal pasó de ser normal en el estudio en posición de PR a mostrar una estenosis subcrítica en el realizado con TL.

La reducción media del área del disco se muestra en la tabla 4. Los cambios en el área del disco fueron más evidentes en el nivel L5-S1, mientras que los cambios en el área del canal lo fueron en el nivel L4-L5.

La media de la diferencia de la distancia interpedicular entre los estudios realizados con TL y en posición de PR fue de

−0,3039 mm (IC del 95%, −0,7052 a 0,0973) en el nivel L3-L4, de −0,8327 mm (IC del 95%, −1,3770 a −0,2884) en el nivel L4-L5, y de 0,0216 mm (IC del 95%, −0,6153 a 0,6584) en el nivel L5-S1; sin embargo, las diferencias sólo fueron estadísticamente significativas en el nivel L4-L5.

La anchura del ligamento amarillo no mostró diferencias significativas entre las series realizadas en posición de PR y posición con TL en ninguno de los niveles.

La altura del foramen mostró una reducción superior a 2 mm entre la serie realizada en posición de PR y la realizada con simulación de bipedestación en 22 pacientes en el nivel L3-L4, en 18 en L4-L5 y en 22 en L5-S1. Sin embargo, las diferencias entre la altura y la anchura del foramen entre las series realizadas en posición de PR y la de TL no fueron estadísticamente significativas en ningún nivel.

El estudio dinámico se consideró positivo (con hallazgos de imagen que justificaran la clínica del paciente) en 40 (76,9%) casos.

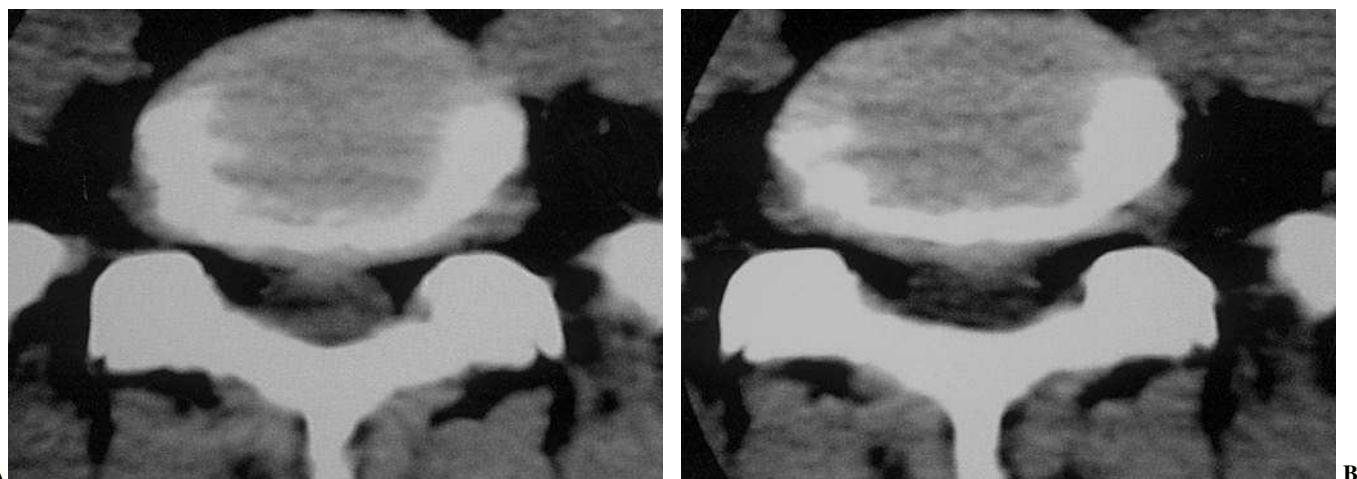


Fig. 5.—Paciente varón de 19 años de edad que presenta desde hace dos meses dolor lumbar con irradiación ocasional poco definida. Durante la exploración con tracción el paciente experimentó dolor similar al referido habitualmente. A) Se observa una pequeña hernia medial en el nivel L5-S1. B) Que se acentúa con la tracción lumbar.

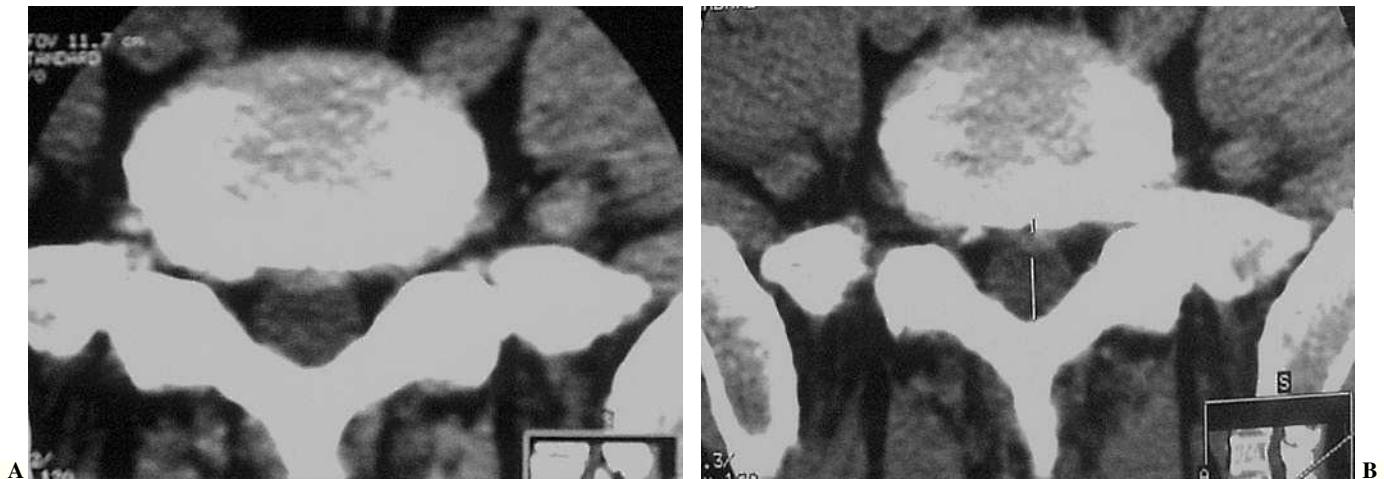


Fig. 6.—Paciente de 57 años de edad con dolor lumbar en pierna derecha de dos años de evolución. A) La TC demostró la existencia de una hernia medial en el estudio realizado en posición de psoas relajado (PR) en el nivel L5-S1. B) Que se acentúa en posición de simulación de la bipedestación, reduciendo el diámetro anteroposterior (AP) del canal hasta 10,3 mm (estenosis crítica).

DISCUSIÓN

Numerosos estudios han demostrado que las dimensiones del canal espinal están continuamente cambiando a lo largo del día. Una explicación hipotética del significativo porcentaje de pacientes con lumbalgia y TC lumbar convencional negativa o inespecífica, sería que la compresión radicular producida por protrusión discal o engrosamiento del ligamento amarillo se resuelve en posición de decúbito supino. La posición convencional en la que habitualmente se realiza la TC lumbar (decúbito supino con piernas semiflexionadas), lejos de provocar una situación en la que se acentúen los síntomas y signos, probablemente tenga el efecto contrario. La realización de una exploración simulando las condiciones de bipedestación reproduciría el estrechamiento que sufre en condiciones normales el saco dural y, por tanto, los

signos de compresión radicular se acentuarían en esta posición. Por ello, el estudio se ha diseñado con el objetivo de conseguir una exploración asequible, técnicamente sencilla, que permita la exploración de la columna lumbar en condiciones dinámicas.

La estenosis de canal es un proceso multifactorial en el que pueden intervenir numerosos factores, por lo que se ha intentado realizar una valoración cuantitativa lo más completa posible de todos los elementos anatómicos que integran el canal espinal. Se han revisado en la bibliografía varios estudios realizados en condiciones dinámicas de la columna lumbar, algunos de ellos en cadáveres. Estos estudios han empleado como técnicas de imagen la TC^{3,4,5} y la RM⁶⁻¹³, sin embargo, no aportan una valoración cuantitativa de todos los parámetros que definen el canal espinal lumbar, ya que algunos autores han prestado atención únicamente al área del canal y otros obvian el estudio del foramen al no

TABLA 3
VALORES DEL DIÁMETRO ANTEROPOSTERIOR (AP) DEL CANAL

Nivel	Pacientes estudiados	Posición relajado (PR) (mm ²)	Simulación de la bipedestación (TL) (mm ²)	Diferencia PR-TL (mm ²)	Intervalo de confianza del 95%		
					Límite inferior	Límite superior	Significación
L3-L4	51	16,35	15,68	0,67	0,10	1,25	0,022
L4-L5	52	14,92	14,09	0,83	0,40	1,26	0,000
L5-S1	51	12,25	11,53	0,72	0,31	1,14	0,001

TABLA 4
VALORES DEL DIÁMETRO ANTEROPOSTERIOR (AP) DEL CANAL

Nivel	Pacientes estudiados	Posición de psoas relajado (PR) (mm ²)	Posición con tracción (TL) (mm ²)	Diferencia PR-TL (mm ²)	Intervalo de confianza del 95%		
					Límite inferior	Límite superior	Significación
L3-L4	51	1.735,49	1.750,82	-15,33	-28,89	-1,78	0,027
L4-L5	52	1.746,79	1.770,40	-23,62	-56,05	8,82	0,150
L5-S1	51	1.610,65	1.649,24	-38,59	-62,92	-14,26	0,002

Nótese que las cifras de la diferencia del área discal entre PR y TL son negativas, debido a que el área discal aumenta en la posición de simulación de bipedestación mediante la tracción lumbar.

incluir las reconstrucciones de los cortes obtenidos en el plano sagital.

Estudios realizados en cadáveres han demostrado que la columna lumbar en posición erecta soporta un peso equivalente al 50% del peso corporal, incluyendo así la cabeza, el cuello, las extremidades superiores, el tórax y la columna propiamente dicha¹⁴. Así, en este estudio se ha realizado una tracción desde los hombros hacia los pies, aplicando una fuerza equivalente a la mitad del peso corporal y simulando, de esta manera, las condiciones de la bipedestación para evaluar las diferencias entre la exploración realizada en condiciones convencionales de PR y la realizada con simulación de bipedestación.

Los 10 primeros pacientes formaron un grupo piloto, los hallazgos de estos estudios se analizaron por dos radiólogos. La variabilidad interobservador en este grupo fue muy baja, por lo que el resto de los estudios los analizó un solo radiólogo. El error intraobservador no se calculó debido a que el método empleado para realizar las mediciones se consideró lo suficientemente exacto. La precisión de la posición del cursor al realizar las mediciones se comprobó con frecuencia realizando medidas duplicadas.

En este subgrupo de pacientes, la TC con simulación de bipedestación se realizó inmediatamente después de la aplicación de la tracción lumbar; sin embargo, se observó que los cambios entre la posición de PR y simulación de bipedestación no eran muy evidentes, debido probablemente a que los cambios que experimenta la columna lumbar durante la simulación de la bipedestación no acontecen de manera inmediata, por lo que en el resto de los estudios la TL se aplicó durante 5 min antes de realizar el estudio. De esta manera, la exploración completa puede llevarse a cabo en unos 10 min, tiempo aceptable para este propósito.

Para la interpretación de los estudios se eligió una ventana de 250/60 UH, que se ajustó en algunos casos concretos. Esta ventana fue la que permitió una mejor definición de las estructuras anatómicas a estudio, algo esencial para la fiabilidad de las mediciones. Con el fin de que la comparación entre los cortes realizados en condiciones de PR y los realizados con TL fuera más fiable, se prestó especial atención a las estructuras anatómicas adyacentes al canal, especialmente en las articulaciones facetarias, procurando que los cortes fueran lo más parecidos posible.

Las medidas del disco, del área del canal, del foramen y del ligamento amarillo pueden variar según el sexo¹⁵, sin embargo, en nuestra serie al disponer en la muestra de un número casi igual de varones y mujeres, no se ha considerado necesario realizar tal distinción, ya que el resultado global no se ve afectado.

Como ya se ha explicado previamente, para el estudio del foramen de conjunción se emplearon reconstrucciones parasagitales obtenidas a partir de los cortes axiales. Se eligió el corte en el cual el foramen mostrara sus dimensiones mínimas, teniendo en cuenta que aquí existe mayor probabilidad de atrapamiento de la raíz. Los resultados de otras publicaciones en las que se ha estudiado el diámetro foraminal¹⁶ han determinado que los cortes axiales no son adecuados para la valoración del foramen, sino que deben emplearse cortes parasagitales. Los estudios realizados en extensión han demostrado que en estas condiciones, las dimensiones del foramen disminuyen, mientras que en flexión se incrementan. Hasegawa et al han tomado como referencia para hablar de estenosis foraminal crítica la altura menor de 15 mm¹⁷.

Sin embargo, la valoración del foramen mediante TC tiene algunos inconvenientes. La interpretación de los cortes parasagita-

les resulta compleja, ya que es difícil diferenciar los tejidos blandos de la raíz, por ello al realizar la medición de la altura del foramen, hemos preferido tomar como límites los contornos óseos determinados por el borde superior del pedículo inferior y el borde inferior del pedículo superior. Para la anchura superior del foramen, se tomó como referencia el borde posterior del muro posterior del cuerpo vertebral y el borde anterior del ligamento amarillo. En nuestro estudio, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas en la altura ni en el diámetro AP de los forámenes, estudiada en posición de PR y o TL, lo que puede explicarse debido a la falta de precisión de las mediciones en el foramen y a la dificultad para la identificación de las estructuras anatómicas a este nivel que disminuyen considerablemente la fiabilidad de las mediciones realizadas. Sin embargo, si que se han encontrado diferencias entre las dos series realizadas superiores a 2 mm, considerada significativa por algunos autores.

La hipertrofia de los ligamentos amarillos se ha considerado como un factor etiológico en la estenosis de canal, sin embargo, es difícil de valorar por lo que en nuestro estudio se ha incluido su valoración cuantitativa.

Las medidas que se consideran críticas para el diámetro anteroposterior del canal espinal son: menor de 10 mm, indicativo de estenosis absoluta o crítica; mientras que si es menor de 13 mm es indicativo de estenosis relativa¹⁸. El área crítica del canal considerada por Schönström et al⁴ para hablar de estenosis es de 100 mm². Otros autores sugieren que el diámetro AP del canal inferior a 11,5 mm, la distancia interpedicular inferior a 16 mm y el área del canal inferior a 14,5 cm², son indicativos de estenosis²⁰.

Aunque algunos autores han concedido mayor importancia a algunas medidas lineales tomadas en los cortes axiales para la detección de la estenosis del canal, la medida considerada óptima por la mayoría de ellos es el área del canal²⁰. La medida del área del canal integra cambios que ocurren tanto en el diámetro AP del canal como en la distancia interpedicular, por lo que se considera un indicador más sensible de estenosis del canal que las medidas lineales aisladas. El diagnóstico de estenosis del canal se hace únicamente en un 20% de los pacientes si se estudian sólo las medidas del canal óseo, mientras que el valor de referencia de 100 mm² o menos para el área del canal es inequívoco de estenosis¹⁸. En nuestra serie, teniendo en cuenta el diámetro AP del canal, se diagnosticaron un caso de estenosis crítica en el nivel L3-L4, seis en L4-L5 y 11 en L5-S1. Sin embargo, tomando como referencia el área del canal, se diagnosticaron cuatro casos de estenosis crítica en el nivel L3-L4, nueve en L4-L5 y seis en L5-S1.

Si se tienen en cuenta los valores establecidos por Schönström et al⁴ como significativos para las diferencias del área del canal entre las posiciones de PR y posición con TL (establecida por estos autores como disminución del área del canal superior a 15 mm²) en el nivel L3-L4, 13 pacientes mostraron una reducción del área del canal superior a este valor entre los dos estudios, el realizado en posición de PR y el realizado con TL, 20 pacientes en el nivel L4-L5 y 22 en el L5-S1; sin embargo, las diferencias entre las series realizadas en posición de PR y la realizada con TL en el área del canal sólo fueron estadísticamente significativas en los niveles L3-L4 y L4-L5. Las diferencias medias en el área del canal entre las dos series, en nuestro estudio, fueron inferiores a las referidas en algunos trabajos de la bibliografía¹⁵, sin embargo, esto puede deberse al corto espacio durante el cual hemos mantenido la TL, ya que en algunos estudios se mantiene hasta 30 min¹⁰.

La disminución del diámetro AP del canal entre el estudio realizado en condiciones de PR y el realizado con TL fue superior a

2 mm (considerada como significativa por Inufusa et al¹⁹) en 13 pacientes en el nivel L3-L4, en 14 en el nivel L4-L5 y en 9 en el nivel L5-S1.

En algunos casos, el estudio con tracción demostró cambios importantes respecto a la serie realizada en condiciones de PR. Por ejemplo, en 11 casos el estudio realizado en condiciones de PR mostraba una estenosis relativa del canal y sin embargo, en el estudio realizado en condiciones de TL mostraba estenosis absoluta o crítica en uno o más niveles; en 11 pacientes en condiciones de PR el área del canal estaba dentro de la normalidad mientras que en condiciones de TL mostraban una estenosis relativa; y en cuatro pacientes el diámetro AP del canal estaba dentro de la normalidad en el estudio realizado en condiciones de PR, mientras que en el realizado con TL mostraba una estenosis absoluta. En los casos en los que la estenosis sólo se diagnostica tras la aplicación de la tracción lumbar y, sin embargo, pasa desapercibida en el estudio realizado en condiciones de PR, se habla de «estenosis oculta».

Así, nuestros resultados ponen de manifiesto que los resultados de la TC realizada en condiciones convencionales, esto es, en posición de PR, difieren de los obtenidos al realizar la prueba en hiperextensión con TL simulando las condiciones de bipedestación. Los resultados de éste y de otros estudios sugieren que el estrés biomecánico que soporta la columna se acentúa en bipedestación, hecho que debe de tenerse en cuenta en la evaluación de pacientes con sospecha de estenosis de canal y en aquellos con dolor lumbar crónico de etiología no filiada mediante TC convencional. En los casos en los que la TC demuestra la existencia de estrechamiento del canal sin signos de compresión radicular, las raíces pueden estar comprimidas en algún momento o posición en los cuales disminuyan todavía más las dimensiones del canal. Por ello, la realización de una TC en condiciones dinámicas simulando la bipedestación puede mejorar el diagnóstico de estos pacientes.

Nuestros resultados son consistentes con otros estudios en los que las dimensiones del canal se afectan por el cambio de posición de supino a bipedestación. La realización de TC lumbar dinámica en pacientes con ciática o claudicación intermitente, ha demostrado que las dimensiones del canal son dependientes de la posición.

Estos hallazgos, por tanto, corroboran el concepto de estenosis lumbar dinámica^{21,22}. En pacientes con patología lumbar en los que la TC convencional no demuestre ningún hallazgo que justifique la clínica, debe de incluirse un cuidadoso estudio dinámico para una correcta evaluación del área del canal y del foramen, ya que las técnicas de exploración realizadas con la columna lumbar en extensión tienden a poner en evidencia algunas anomalías que quedan enmascaradas en los estudios realizados mediante las técnicas en las que la columna permanece semiflexionada (como la TC convencional). Se puede concluir que, aunque la TC dinámica no es una exploración de primera línea en los pacientes con dolor lumbar, sí puede ser de gran utilidad en aquellos pacientes en los que la TC convencional no es concluyente. Los cambios que experimenta la columna durante la bipedestación pueden, como se ha puesto en evidencia en este estudio, marcar la diferencia entre una estenosis relativa y una estenosis absoluta, lo que explicaría que algunos pacientes presenten únicamente clínica en determinadas posiciones en las que la columna está sometida a mayor estrés.

La aplicación de TL durante la realización de la TC lumbar logró una simulación de las condiciones de la bipedestación, con

reducción de las dimensiones del canal espinal, mostrando así algunos hallazgos no detectados en la TC convencional. De esta manera, el estudio mediante TC lumbar con simulación de la bipedestación puede ser de gran utilidad en pacientes en los que la TC convencional no demuestra hallazgos que justifiquen la clínica del paciente o cuando ponga de manifiesto la existencia de una estenosis subcrítica.

AGRADECIMIENTOS

Al Gobierno de Navarra por la beca concedida al Proyecto de Investigación para el desarrollo de este estudio.

A todas las personas (médicos, TER, ATS/DUE y fisioterapeutas) que de manera directa o indirecta han contribuido al desarrollo de este estudio, a todos ellos nuestro más sincero agradecimiento

BIBLIOGRAFÍA

- Nowici B, Haughton V, Schmidt A, et al. Occult lumbar lateral spinal stenosis in neural foramina subjected to physiologic loading. *AJNR Am J Neuroradiol* 1996;17:1605-14.
- Coulier B. Evaluation of lumbar canal stenosis: decubitus imaging methods versus flexion-extension myelography and surface measurements versus the diameter of the dural sac. *JBR-BTR* 2000;83:61-7.
- Penning L, Wilmink JT. Posture-dependent bilateral compression of L4 or L5 nerve roots in facet hypertrophy. A dynamic CT-myelographic study. *Spine* 1987;12:488-500.
- Schönström N, Lindahl S, Willén J, Hansson T. Dynamic changes in the dimensions of the lumbar spinal canal: An experimental study in vitro. *J Orthop Res* 1989;7:115-21.
- Bolender N, Schönström N, Spengler D. Role of computed tomography and myelography in the diagnosis of central spinal stenosis. *J Bone Joint Surg* 1985;67-A:240-6.
- Malko JA, Hutton WC, Fajman WA. An in vivo magnetic resonance imaging study of changes in the volume (and fluid content) of the lumbar intervertebral disc during a simulated load cycle. *Spine* 1999;24:1015-22.
- Funk C, Beyer HM, Volle E. Functional MRI of the LS in a open magnet system —the initial results. *Rofo Fortschr Geb Röntgenstr Neum Bildgeb Verfahr* 1998;169:27-32.
- Zamani A, Moriarty T, Hsu L, Winalski C, Schaffer J, Isbister H, et al. Functional MRI of the lumbar spine in erect position in a superconducting open-configuration MR system: preliminary results. *JMRI* 1998;8:1329-33.
- Wildwemuth S, Zanetti M, Duewell S, Schmid M, Romanowski B, Benini A, et al. Lumbar spine: quantitative and qualitative assessment of positional (upright flexion and extension) MR imaging and myelography. *Radiology* 1998;207:391-8.
- Hedman T, Fernie G. In vivo measurement of lumbar spinal creep in two seated postures using magnetic resonance imaging. *Spine* 1995;20:178-83.
- Vitzthum H, König A, Seifert V. Dynamic examination of the lumbar spine by using vertical, open magnetic resonance imaging. *J Neurosurg (Spine 1)* 2000;93:58-64.
- Boos N, Wallin A, Abeli M, Boesch C. A new magnetic resonance imaging analysis method for the measurement of disc height variations. *Spine* 1996;21:563-70.
- Weishaupt D, Schmid M, Zanetti M, et al. Positional MR imaging of the lumbar spine: does it demonstrate nerve root compromise not visible at conventional MR imaging? *Radiology* 2000;215:247-53.
- Kimura S, Steinbach G, Watenpaugh D, et al. Lumbar spine disc height and curvature response to an axial load generated by a com-

- pression device compatible with magnetic resonance imaging. *Spine* 2001;26:2596-600.
15. Chung SS, Lee CS, Kim SH, Chung MW, Ahn JM. Effect of low back posture on the morphology of the spinal canal. *Skeletal Radiol* 2000;29:217-23.
16. Beers GJ, Carter AP, Leiter BE, Tilak SE, Shah RR. Interobserver discrepancies in distance measurements from lumbar spine CT scans. *AJR Am J Roentgenol* 1985;144:395-8.
17. Hasegawa T, An H, Haughton V, et al. Lumbar foraminal stenosis: critical heights of the intervertebral disc and foramina. *J Bone Joint Surg* 1995;77:32-8.
18. Saifuddin A. The imaging of lumbar spinal stenosis. *Clin Radiol* 2000;55:581-94.
19. Inufusa A, An H, Lim T, et al. Anatomic changes of the spinal canal and intervertebral foramen associated with flexion-extension movement. *Spine* 2001;21:2412-20.
20. Ulrich C, Binet E, Sanecki M, Kieffer S. Quantitative assessment of lumbar spinal canal by computed tomography. *Radiology* 1980;134:137-43.
21. Fujiwara A, An H, Lim T, et al. Morphologic changes in the lumbar intervertebral foramen due to flexion-extension, lateral bending, and axial rotation. An in vitro anatomic and biomechanical study. *Spine* 2001;26:876-82.
22. Nowicki B, Yu S, Reinartz J, et al. Effect of axial loading on neural foramina and nerve roots in the lumbar spine. *Radiology* 1990;176:433-37.